

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ СОДЕРЖАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ САМОЛЁТОВ

THE STUDY OF EXPERT SYSTEMS IN THE PROCESS OF MAINTAINING AIRCRAFT

**R. Hojatollah
A. Filimonov**

Summary. The area of artificial intelligence has more than half a century. Most of the achievements in the field of artificial intelligence concerned with issues of decision making and problem solving, which is the main topic of expert systems. Program with artificial intelligence, is able to partially replace an expert and making decisions in certain areas are called expert systems.

The purpose of this article is to describe the introduction and structure of expert systems in the field of content and technical maintenance of aircraft.

Keywords: artificial intelligence, expert system, maintenance of aircraft, knowledge base, inference machine, system of support of decision-making.

Ходжатоллах Рашиди Алашти

Аспирант, МАИ

rsh_hojat@yahoo.com

Филимонов Александр Борисович

С.н.с., д.т.н., Московский государственный университет приборостроения и информатики

Аннотация. Область искусственного интеллекта имеет более чем полувековую историю. Большинство достижений в области искусственного интеллекта связано с вопросами принятия решений и решения задач, что является главной темой экспертных систем. Программы с искусственным интеллектом, способные частично заменить специалиста-эксперта и принимающие решения в определённых областях, называются экспертными системами.

Цель данной статьи заключается в том, чтобы описать вводную часть и структуру экспертных систем в области содержания и технического обслуживания самолётов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экспертная система, содержание и техническое обслуживание самолётов, база знаний, машина логического вывода, система поддержки принятия решений.

Введение

Из-за роста спроса на авиа поездки аэропорты по всему миру продолжают сталкиваться с проблемами расширения мощности для обработки большего числа рейсов. Как показывает тенденция, этот спрос будет расти и дальше, перегружая воздушное пространство всё больше. Одним из важных вопросов при такой тенденции, является содержание и техническое обслуживание самолётов, которые используются, почти бесперебойно. Выход самолёта из строя, особенно если это произойдёт с несколькими самолётами, — это большая проблема для авиакомпании, которая привлечёт за собой, не только финансовые затраты, но и может негативно повлиять на репутацию авиакомпании. Как известно, авиакомпании не держат в резерве много самолетов.

Кроме того, одной из наиболее острых проблем авиакомпаний остается проблема безопасности полетов, которая зависит от содержания и своевременного технического обслуживания самолётов. Технический осмотр и диагностические мероприятия являются неотъемлемыми компонентами эффективной стратегии технического обслуживания с целью обеспечения безопасности полётов.

Следовательно, обеспечение современных требований по безопасности полетов является важной задачей

развития и совершенствования системы контроля летной годности самолётов. Одно из направлений совершенствования — это оптимизация экспертной системы контроля летной годности самолётов.

Таким образом, разработка и внедрение экспертных систем, которые могут выполнять мониторинг жизненного цикла компонентов самолётов, диагностику и своевременно запланировать соответствующие мероприятия для содержания и технического обслуживания самолётов, приобретает всё более важное значение. Использование результатов мониторинга и диагностики снизит трудоёмкость инспекционного контроля самолётов и способствует повышению безопасности их полётов.

Экспертные системы в сфере содержания и технического обслуживания авиации, как правило, встроены в компьютерных обучающих системах или диагностических оборудованьях. [1]

Определение экспертных систем

Одним из определений экспертных систем является следующее:

Система, использующая базу знаний, которая содержит данные и правила для принятия решения (пони-

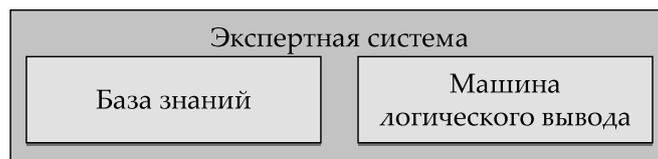


Рис. 1. Элементарная модель экспертной системы.

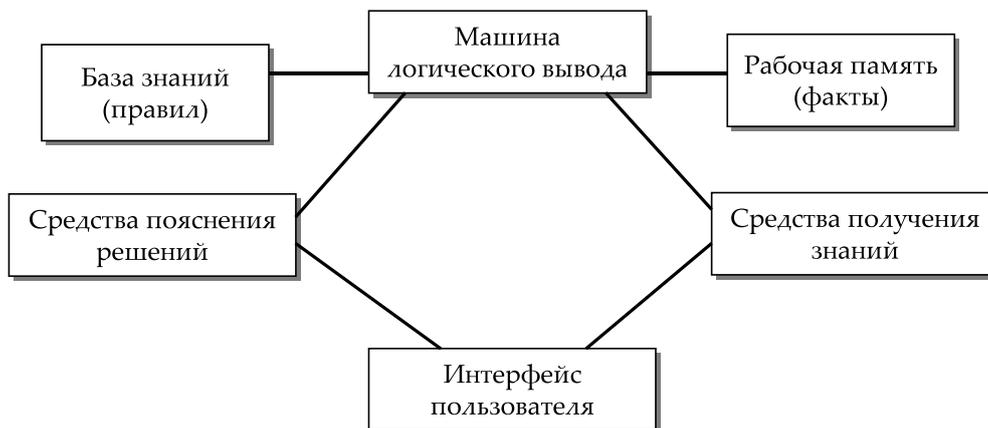


Рис. 2. Компоненты экспертной системы.

мание, суждение и дедукция) в некоторой прикладной области, которая указывает на искусность. Экспертная система — конфигурация сложнейшей компьютерной системы, основанной на знаниях. Экспертные системы разрабатываются для оказания содействия в планировании содержания и технического обслуживания самолётов, медицинской диагностики, нефтяной промышленности, компьютерной конфигурации, планировании содержания и технического обслуживания кораблей и для других применений. В большинстве случаев экспертные системы содержатся в системе обработки транзакций. [3]

Согласно другому определению, экспертной системой называется компьютерная программа, разработанная таким образом, что способности специалиста-эксперта в разрешении определенной проблемной ситуации превращает в модель. Следует учитывать два основных компонента данной модели: (1) база знаний (знания специалиста-эксперта); (2) машина логических выводов. Следовательно, в системе предусматривается два модуля. [4]

Согласно мнению Мустафы и др., основанная на знаниях или экспертная система состоит из компьютеризированных знаний эксперта в конкретной предметной области. Системы, основанные на знаниях, способны обеспечить быстро и легкодоступную информацию, основанную на знаниях, удобно и практически. Программа

предназначена для захвата и использования экспертизы знаний, связанных с конкретной предметной областью, в целях содействия процессу принятия решений или решения проблем задач [2].

Каждая база знаний содержит совокупность знаний специалиста о предметной области. Эта совокупность знаний включает в себя факты, правила, определения и связи. Например, это те правила (для предварительного выполнения определённой работы или замены части фюзеляжа или двигателя самолёта), которые рекомендуются и предписываются после выполнения ремонта диспетчером за содержание и техническое обслуживание самолёта, относительно новых обстоятельств неполадки или метода выполнения работы инженерному подразделению, занимающемуся содержанием и техническим обслуживанием.

Машина логических выводов — обработчик знаний, который является некой моделью метода логических выводов человека. Машина логических выводов начинает свою работу на основании информации, подготовленной для разрешения определённой проблемы, и предложит серию результатов и предложений на основании знаний, накопленных в базе знаний. [4] Это похоже на то, что система после возвращения исправляет задачу, выполненной в подразделении, занимающемся содержанием и техническим обслуживанием, сообщает инженерному подразделению для предварительного

выполнения определённой работы или замены части, готовит новую задачу и уведомляет о ней.

Компоненты экспертной системы

Экспертная система состоит из компонентов, приведённых в нижеуказанном рисунке:

Интерфейс пользователя: механизм, посредством которого пользователь взаимодействует с экспертной системой.

Средства пояснения решений: данный компонент поясняет пользователю метод получения системой решения.

Рабочая память: база данных, предназначенная для хранения фактов, которые используются согласно правилам.

Машина логических выводов: данный компонент системы выполняет процедуры логических выводов на основании знаний, имеющихся в базе знаний, и определяет, какие правила активируются посредством фактов или информации о данных, вводимых в систему (их условная часть активируется). Машина логических выводов распределяет правила по приоритетам и выполняет правило с наивысшим приоритетом. [5]

Инструкция или план операций: представляет собой созданный машиной логического вывода и расположен по приоритетам список правил, шаблоны которых соответствуют фактам, находящимся в рабочей памяти.

Условная часть правил, существующих в данном списке, созданы посредством фактов или обстоятельств, сохранённых в рабочей памяти.

Средства получения знаний: представляют собой автоматизированный способ, который позволяет пользователю вводить знания в систему, не применяя явного кодирования знаний с помощью инженера по знаниям. В большинстве экспертных систем средство получения знаний является необязательным компонентом, то есть компонентом по усмотрению. [5]

В экспертной системе, основанной на правилах, базу знаний называют также продукционной памятью. В качестве очень простого примера рассмотрим задачу принятия решения о переходе через дорогу. Ниже приведены продукции для двух правил, в которых стрелки означают, что система осуществит действия справа от стрелки, если условия слева от стрелки будут истинными:

Полёт самолёта отменяется -> если эксплуатационный ресурс главных частей двигателя, авиационной электроники, фюзеляжа самолёта исчерпан.

Полёт самолёта не отменяется -> если эксплуатационный ресурс главных частей двигателя, авиационной электроники, фюзеляжа самолёта не исчерпан.

Каждое правило обозначается именем. После имени начинается IF-часть правила. Часть правила, расположенная между ключевыми словами IF и THEN обозначается разными именами — antecedent или левая часть (LHS — left-hand-side) правила. На практике применяются также названия: условный элемент и шаблон.

По части IF начинается часть THEN правила. Она содержит выводы или список действий, которые должны быть выполнены согласно правилу. Эта часть правила называется консеквентно или правой частью (RHS — Right-Hand Side). В состав действий консеквент правил, обычно, входит добавление и удаление фактов из рабочей памяти, или формирование результатов. Формат описания этих действий зависит от синтаксиса языка экспертной системы.

При выполнении правила «если эксплуатационный ресурс главных частей двигателя, авиационной электроники, фюзеляжа самолёта исчерпан» должно быть совершено действие «полёт самолёта отменён». [5]

Методы логического вывода

Априорный вывод (priori deduction):

Априорная вероятность содержит в себе исходные предположения о вероятности той или иной гипотезы (которые могут быть субъективны). В этом методе система посредством фактов начинает делать выводы, чтобы достичь результата, который исходит из фактов. Например, если во время проверки А, произведённой до полёта, лётчик или диспетчер за содержание и техническое обслуживание курса полёта при внешнем инспектировании самолёта заметили, что самолёт сталкивается с проблемой (факт), то обязательно данный факт записывают в книге полётов и при необходимости они устранят данную проблему (результат).

Апостериорный вывод (posterior deduction):

Апостериорная вероятность поправляет исходные предположения с учетом сделанных наблюдений. В этом методе система делает выводы обратным порядком таким образом, что прилагается усилие, чтобы гипотеза, то есть потенциальный результат, который должен подтвердиться, достиг фактов, которые поддерживают эту

гипотезу. Например, если самолёт с определённой неполадкой двигателя был отправлен в сектор содержания и технического обслуживания и диспетчер не заметил эту проблему, связанную с конкретной частью и MSG3 проблемной части, а в цехе есть определённая часть, гипотезой диспетчера будет то, что техническая неполадка в указанной части будет предварительно устранена или заменена. Разумеется, в зависимости от типа разработки экспертная система, машина логического вывода может сделать «априорный» или «апостериорный» вывод. [5, 6]

Продукционная система

Одной простейших нынешних экспертных систем являются системы, основанные на правила. Использование правил развивается по нескольким причинам: модульная природа; средства пояснения; аналогия с познавательным процессом человека.

Продукционные системы Поста

Основная идея Поста заключалась в том, что любая математическая или логическая система представляет собой набор правил, который указывает, как преобразовать одну строку символов в другой последовательный набор символов. Хотя продукционные правила Поста полезны в создании определённой части фундамента экспертных систем, но они не были достаточными для разработки прикладных программ, имеющих практическую ценность. Основным ограничением продукционных правил Поста, с точки зрения программирования, является отсутствие стратегии управления, которая позволяла бы регламентировать применение правил. Система Поста позволяет правила применяться возможным образом к строке. В этой системе нет такой особенности, которая бы определила, как должны работать правила. [6]

Марковские алгоритмы

Марковский алгоритм — это упорядоченная группа продукций, применяемых согласно приоритетов к входной символьной строке. Если правило с высшим приоритетом является непригодным, то используется следующее правило с низким приоритетом и т.д. Марковский алгоритм завершает свою работу после выявления одного из следующих условий:

- 1) последняя продукция не была применима к строке;
- 2) была применена продукция, которая завершает работу после определённого времени.

Марковские алгоритмы применяют специальные символы. В частности, специальный символ \wedge обозна-

Таблица 1. Трассировка выполнения Марковского алгоритма

Правило	Успех (S) или неудача (F)	Строка
1	F	ABC
2	F	ABC
3	S	α ABC
1	S	B α AC
1	S	BC α A
1	F	BC α A
2	S	BCA

чает пустую строку, не содержащую символов. Например, продукция $A \rightarrow \wedge$ удаляет все вхождения символа A во входном строке.

Другие специальные символы Марковского алгоритма могут представлять другие наборы символов и обозначаются строчными буквами a, b, c, \dots, y, z .

В качестве специальных знаков пунктуации в Марковском алгоритме используются греческие буквы α (альфа), β (бы), и т.д. Греческие буквы применяются потому, что их можно легко отличить от обычных букв алфавита.

Ниже приведён пример Марковского алгоритма, который переводит первую букву входной строки в конец выходной строки. Правила упорядочены с учетом приоритетов как показано ниже:

- (1) $aXY \rightarrow YaX$
- (2) $a \rightarrow A$
- (3) $A \rightarrow a$

В табл. 1. показана трассировка выполнения алгоритма применительно к входной строке ABC.

Обратите внимание на то, что символ α действует аналогично временной переменной в обычном языке программирования. Но символ α не хранит значение, а используется как метка-заполнитель для обозначения места внесения изменений во входной строке. После выполнения задачи символ α удаляется с помощью правила 2. После применения правила 2 программа завершается. [5]

Rete — алгоритм

Хотя Марковский алгоритм может применяться в качестве фундамента и основы экспертной системы, но он является весьма неэффективным способом создания систем со многими правилами. Если требуется создать экспертную систему для решения реальных задач, содер-

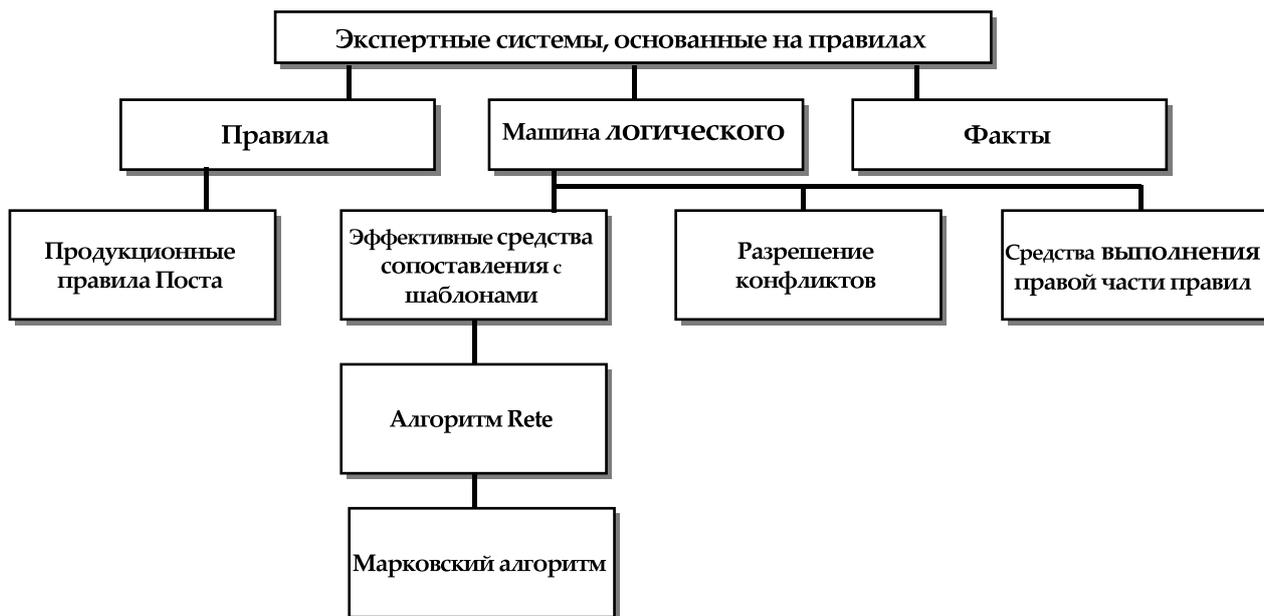


Рис. 3. Технологии, которые образуют фундамент современных экспертных систем.

жащую сотни или тысячи правил, то проблема эффективности и скорости приобретает наибольшую важность.

Решением этой проблемы является rete-алгоритм. Rete-алгоритм функционирует как сеть, предназначенная для хранения большого объема информации и обеспечивающая значительное сокращение времени отклика и повышение быстродействия при запуске правил по сравнению с большими группами правил IF-THEN, которые должны проверяться один за другим в обычной системе, основанной на правилах. В rete-алгоритме в циклах «распознавание-действие» контролируются только изменения в согласованиях, поэтому в каждом цикле нет необходимости согласовывать факты с каждым правилом. Благодаря этому существенно повышается скорость согласования фактов из antecedентами, поскольку статистические данные, которые не изменяются от цикла к циклу, могут быть проигнорированы. На рисунке 3 приведены общие сведения о технологиях, которые образуют фундамент современных экспертных систем, основанных на правилах. [5]

Существуют некоторые экспертные системы, которые не имеют правила, то есть разработчики больше всего сосредотачиваются на создание базы знаний и не обращают внимание на другие компоненты такие, как машина логических выводов или интерфейс пользователя. [6]

Различие экспертных систем от систем поддержки принятия решений

Основными различиями экспертных систем от систем поддержки принятия решений являются:

1. Обработка данных: системы поддержки принятия решений (decision support system) для обработки данных используют технику And/OR, а экспертные системы в таких случаях сами могут выбирать решения.

2. Экспертные системы не могут быть применены в проблемах, решение которых требует математических методов оптимизации, однако такие решения применяются в системах поддержки принятия решений.

3. Экспертные системы применяются в решении проблемах, в которых трудно указать цели и задачи.

4. Система поддержки принятия решений призвана помочь человеку в решении стоящей перед ним проблемы, а экспертные системы стараются заменить человека при решении некоторой проблемы. [6]

Заключение

В данной статье была рассмотрена важность экспертных систем в сфере содержания и технического обслуживания самолётов, которая может быть квалифицирована как решение крупной проблемы современной авиации. Основным моментом является то, что экспертные системы имеют важное значение для развития системы содержания и технического обслуживания самолётов. Рассмотрено само понятие экспертной системы, предложенное разными теоретиками данной области, описаны компоненты экспертной системы и различие экспертных систем от систем поддержки принятия решений. А также в статье изложены производственные системы, научно обоснованные методы и алгоритмы решения широкого спектра задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Keskey, L.C. (1987). Expert systems in aircraft maintenance training. In Proceedings of the Western Conference on Expert Systems-Westex-87, pp. 50–56. Washington, DC: IEEE Computer Society Press.
2. Mustapha F, Sapuan S. M., Ismail N., and Mokhtar A. S., (2004), «A computer-based intelligent system for fault diagnosis of an aircraft engine». Engineering Computations, Vol. 21, No. 1, pp. 78–90, Emerald Group Publishing Limited.
3. Sadeqhi, Iraj, Farhange tashrihiye kamputar, internet, shabakasazi va IT, chape entesharate Gulpoone, Tehran, year 2007, p. 285 & 286 (Содики Ирадж, Глоссарий компьютера, Интернета, сетей и ИТ, издание Гудпуне, Тегеран, 2007 г., стр. 285–286).
4. John Durkin, Expert Systems Design and Development
5. Za'farani, Sistemhaye fazzi va kontrole fazzi be hamrahe mughaddimaye bar sistemhaye khebre, entesharate Daneshgahe Azade Islamiye vahede Tabriz, Tabriz, years 2009, fasle avval (Заъфарани, Нечёткие системы и нечёткое управление с введением в экспертные системы, издание филиал Исламского университета Азад в городе Табризе, Табриз, 2009 г., первая глава).
6. Halimi, Osool va mabaneye sistemhaye khebre, entesharate Daneshgahe Azade Islamiye Tehran, Tehran, years 2014 (chapter 1, 2, 4, & 5) (Халими, Принципы и основы экспертных систем, издание Исламского университета Азад в Тегеране, Тегеран, 2014 г., (главы: 1, 2, 4 и 5)).

© Ходжатоллах Рашиди Алашти (rsh_hojat@yahoo.com), Филимонов Александр Борисович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

